

定 k 形能動回路のパルス特性

著者	早坂 昭夫
号	191
発行年	1968
URL	http://hdl.handle.net/10097/8927

氏 名 (本 籍) 早 坂 昭 夫 (宮 城 県)

学 位 の 種 類 工 学 博 士

学 位 記 番 号 工 博 第 1 9 1 号

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 4 4 年 3 月 2 5 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当

研 究 科 専 門 課 程 東 北 大 学 大 学 院 工 学 研 究 科
(博 士 課 程) 電 子 工 学 専 攻

学 位 論 文 題 目 定 K 形 能 動 回 路 の パ ル ス 特 性

(主 査)

論 文 審 査 委 員 教 授 西 沢 潤 一 教 授 大 泉 充 郎

教 授 佐 藤 利 三 郎

論 文 内 容 要 旨

定 K 形 能 動 回 路 の パ ル ス 特 性

概 要

新しい固体論理回路の「ニューリスト」⁽¹⁾を定 K 形 2 線系モデル (Fig.1) で実現し、回路構成によってニューリスト特性がどのように変化するかを明らかにした。集中定数回路によるモデル実験によってニューリスト特性を求め、次に改良した位相面解析法を用いて理論的にその特性を説明した。

(1) H.D. Crane "Neuristor Studies" Stanford Elect. Lab.

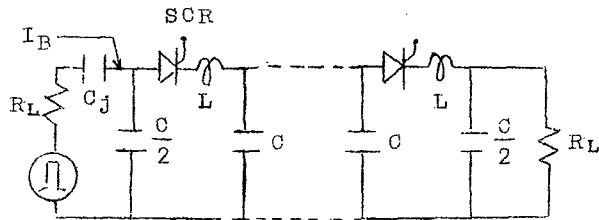
Tech.Rept No.1506-2 (1960.7. 11.) ニューリストは線路で論理演算を行なう装置で、次の基本特性が必要とされる。

①閾値 ②波形整形作用 ③パルス伝搬速度一定 ④不応期による消滅性衝突

Fig 1

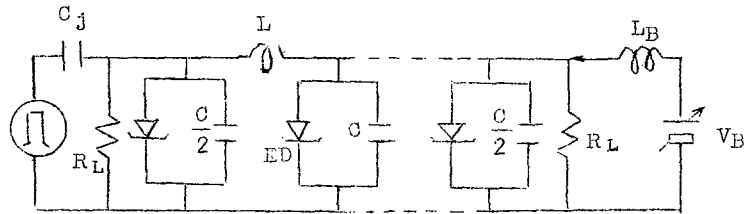
(A)

SCR



(B)

ED



第1章 序 論

超小形論理回路の概念を示した「ニューリスタ」は、これまでも各方面から研究されて来た。しかし具体的に提案されたモデルは、固体化によって小形化することが困難だったり⁽²⁾、構造と特性との関係が明らかでないものが多かった。⁽³⁾⁽⁴⁾これに対してFig 1 に示した定Kフィルタ形2線系模形⁽⁵⁾は構成が簡単で容易に集積化でき、特性を2階の微分方程式で表現できるため理論解析も行ない易い。

回路構成——ニューリスタ特性が回路を構成する定数にどのように依存するかを検討する際、特性を支配する回路パラメータとして次の量を仮定する。

リアクティブパラメータ

- (1) 時定数; $\tau_c = \sqrt{L C}$ (2) 特性インピーダンス; $Z_0 = \sqrt{L / C}$ 能動素子としては、エサバダイオードを選ぶ。特にSCRについては、直列及び並列に抵抗 r_s, r_p を外挿すると、導特性は殆どその外挿抵抗によって決められ、 $V-I$ 特性の制御が容易である。これより、SCRパラメータとして外挿抵抗を考慮する。(但し $r_s \ll r_p$)

アクティブパラメータ

- (3) 直列外挿抵抗; r_s (SCRのON特性を支配) (4) 並列外挿抵抗 r_p (SCRのOFF特性を支配) (5) バイアス電圧 V_B (SCRでは $V_B = I_B \cdot r_p$)

(2) J. Nagumo et al. Proc. IRE, 50 10 P. 2061 (1962.10)

(3) A. J. Cote, Jr., Proc. IEEE, 53, 2, P. 164 (1965)

(4) A. Rosengreen, Electronics, 36, 9, P. 25 (1963.3)

(5) 早坂, 西沢, 信学誌, 49, 3, P. 1529 (昭41-08)

第2章 実 験

(ニューリスタ特性の存在性)

パラメータ Z_0 , τ_c , r_s , r_p を変えた合計34種の行なった測定の結果, 測定の結果, 次の基本特性の存在が明らかになった。

2-1 伝搬波形

回路を伝搬するパルスは, 三角波状のスイッチング波形である。

2-2 閾値

回路を励起するための最小入力トリガ (閾値) が存在する

Fig 2 (写真)

閾値は入力トリガパルスの幅と高さに依存し, バイアス電圧によって閾値レベルが低下する。

2-3 波形整形作用

種々の大きさの入力トリガを印加しても, 一定の条件のもとでは一定波形のパルスが伝搬する。Fig 3 (写真) 整形条件は, エサキダイオード回路では $Z_0 \gtrsim 100 \Omega \approx (2|-R|)$ SCR回路では $m > 2$ ⁽⁶⁾

2-4 伝搬時間

整形が行なわれる範囲ではパルスの伝搬時間は一定であった。

2-5 不応期

連続トリガパルスを印加して回復時間: 不応期の存在を確かめた。Fig 4 (写真)

2-6 消滅性衝突

回路の両端からトリガを印加して途中で信号を衝突させたところ, 2つのパルス同士の消滅性衝突が観測された。Fig 5 (写真) ある条件のもとでは非消滅衝突も起こりエサキダイオード回路では, バイアス電圧が一定値 (V_{BC}) より低い範囲で消滅する。この限界値 (V_{BC}) は, 不応期内の減衰量から計算され実験値とほぼ一致した。リング状の無終端回路で非消滅衝突を起こすと信号の一方は, リング上を永久に伝搬し整形作

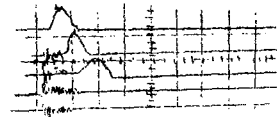


Fig 2

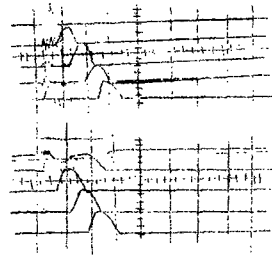


Fig 3



Fig 4

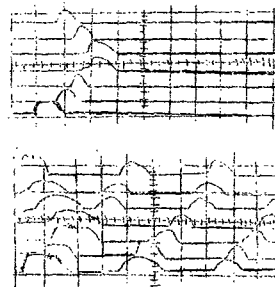


Fig 5

(6) m は規格化直列抵抗:
$$m = \frac{r_s + Z_0}{Z_0}$$

用などが確認された。

2-7 T-接続

C/2 又は L/2 終端の回路を3つ接続し T-接続を実現した。以上によって、2 線系回路によってニューリスト特性が実現できることが実験的に確認された。

第3章 理論解析による説明

定K回路の1段当りの等価回路は Fig 6 で示され、特性は次式で示される。(第n段)

$$(SCR) \quad \frac{L}{C} \frac{di_n}{dV_n} = - \frac{V_n - (V_s + V_{n+1})}{i_n - i_{n-1}} \quad \dots\dots(1)$$

$$(ED) \quad \frac{L}{C} \frac{di_n}{dV_n} = - \frac{V_n - (V_{n-1} + V_n - V_{n+1})}{i_n - i_d} \quad \dots\dots(2)$$

(n-1) 段及び (n+1) 段の電圧 (電流) が与えられると(1)(2)式は解け、第n段の電圧、電流波形が求められる。

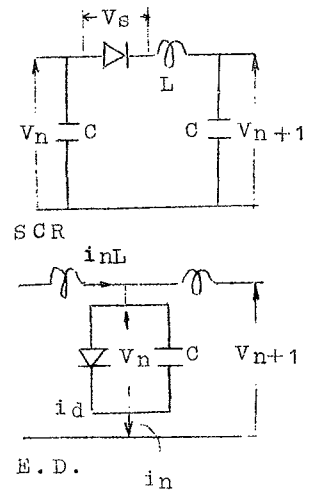


Fig 6

3-1 時変リエナール法

(1)(2)式で (n-1) 段の波形が矩形パルスなら Liénard の方法で応答が求められる。時間的に高さが変わるパルスに対しては、微小時間内で一定となる階段波形でこれを近似し、各時間ごとに Liénard の方法を適用する。(時変リエナール法)

3-2 反復法

時変リエナール法を用いて(1)(2)式を解くために初め (n+1) 段の電圧、電流又はインピーダンスを適当に仮定する。これを初段から終段まで適用して各々の電圧、電流波形を求める。次に終段から初段まで補正を行ないこの補正を反復して一定値に収束したら停止する。(反復法)

第4章 測定及び計算結果

パラメータを変えて伝搬パルス波形を求めた結果を示す。時定数には Fig 7 に示すように、伝搬時間 (τ_t) と整形パルス幅 (W_t) が直線的に依存する。

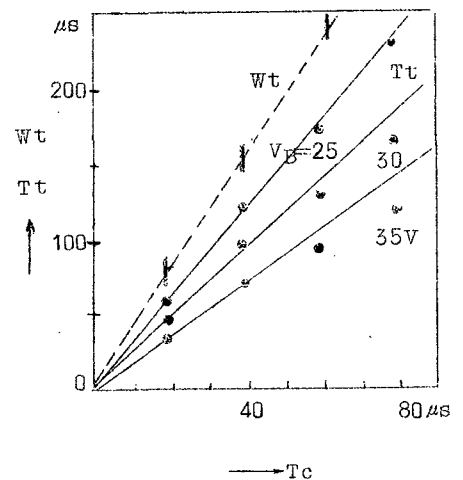


Fig 7 (SCR)

特性インピーダンスには閾値 (I_{th}), 整形パルス高さ (V_t) が支配される。(Fig 8) 直列抵抗には整形高さ I_t (Fig 9) 及び τ_t , W_t が支配される。(図に於て, 直線は計算結果, 点は測定値を示す。)

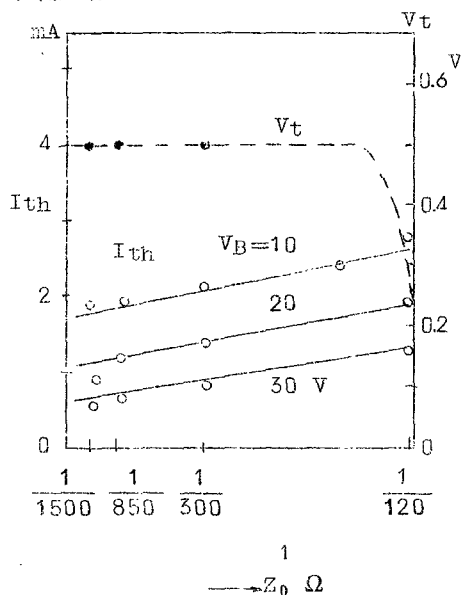


Fig 8 (RD)

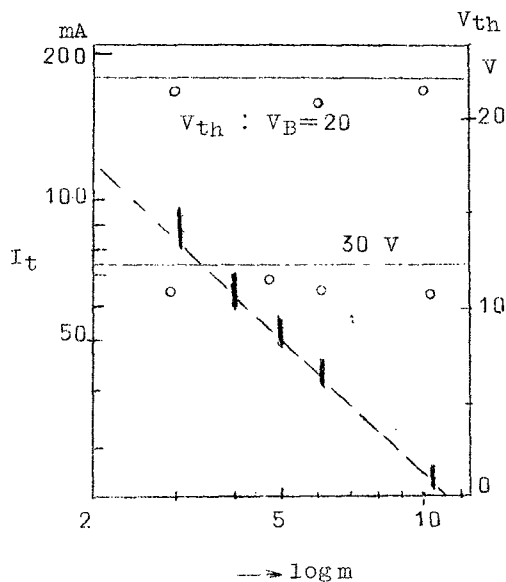


Fig 9 (SCR)

第 5 章 結 論

ニューリスタ特性を定 K 回路によるアナログシミュレーションとして検討した結果, 2 線系回路によってニューリスタが実現できることが確認され, 特性の回路構成に対する依存性も求められた。集中定数回路による実験結果の殆どが, 改良した位相面解析法によって説明された。均一構造の分布定数線路では $\tau_c \rightarrow 0$ と考えられ従って $W_t \rightarrow 0$ と推定される。即ち有限な整形幅を得るには不均一構成の線路が望まれる。

審 査 結 果 の 要 旨

電子計算機の超高速化と大型化に伴い、新しい動作原理に基づく論理演算素子が要望されるに至っている。特に導線を信号が伝わる伝搬おくれが無視できなくなって、分布構成された論理演算素子が要望されている。ニューリスタは生物の神経と類似の動作をする論理演算素子であるが、具体的構成には決定的なものがない。

本論文は非常に簡単な定K型回路に負性抵抗を挿入することによってニューリスタ作用を実現させることを確認し、その回路構成と特性との関連を明らかにして設計の基礎資料を与えたものである。

本論文は5章よりなる。第1章は序論であって、本研究の企画されるに至った経緯と従来の研究の紹介である。第2章は実験の具体的方法についてのべてある。第3章はN字形負性抵抗体として江崎ダイオード、S字形負性抵抗体としてSCRを用いて各々インダクタンスを直列、コンデンサを並列に構成した定K型回路に並列及び直列に挿入した場合について、(1)励起によって一定速度でパルス伝搬が行なわれること、(2)パルス伝搬を生ずる励起パルスの幅と高さの限界には一定の関係があり、限界以下の幅や高さを持つパルスが加わってもパルス伝搬は起らないこと、(3)伝搬するパルスの波型は一定の回路では一定になること、(4)パルス伝搬の速度は回路のインダクタンスと容量によってほぼ定まること、(5)パルス通過後暫くの間はパルスは減衰して伝搬し難くなっていること、(6)その結果として2つのパルスが衝突すると双方共消滅させることができること、(7)1組の回路から2組の回路に分岐させて伝搬して来たパルスを2つの回路に伝搬させることができることを明らかにし、N字形負性抵抗を持つ並列型ニューリスタとS字形負性抵抗を持つ直列型ニューリスタが実現できたことを示したものである。更に、回路定数を変えて特性が如何に変化するかを求め、誤差の入り難いマイクロ秒までの実験を詳細に行なっている相俣類推法によって超高速度までの設計法を実験的に求めたことになる。

第4章は上記の実験的手法の裏付けのために、しゃ断周波数近くで負性抵抗を含む多段回路の解析を行なうという極めて困難な理論解析を、リエナールの方法を入力が時間と共に変化するパルスの集まりであるとして電圧電流及びその時間変化を求めて順次次段を求め、高次近似として逆に前段の波型を、求めた入力波型を出力とする前段の入力波型を順次求めて行くという方法で計算し、実験結果がよく説明できることを認めたことをのべたものである。

以上要するに、従来発表された方式に比して遙かに簡単な構成でニューリスタが実現できることを示し、その設計及び動作条件と構成回路の関係をほぼ定量的に明らかにすることにより、新しい電子計算機の可能性を示すと共に生物物理学の分野にも若干の示唆を与えたものであって、

電子工学の基礎に資するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。